

## 明 細 書

## 【発明の名称】

接合材料および接合方法

## 【0001】

## 【関連出願の相互参照】

本出願は、米国特許法第119条に基づいて、「接合材料および接合方法」を発明の名称とする日本国特許出願である特願平2000-71636号（2000年3月15日出願）の優先権を主張する。当該出願の内容であって、本出願の発明に当て嵌まる内容は、この引用によりその全体が本明細書に組み込まれる。

## 【0002】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、ある対象物を別の対象物に接合するための接合材料、より詳細には、基板のような別の対象物に、電子部品のようなある対象物を接合するための接合材料に関する。また、本発明は、そのような接合材料を用いて製造される電子回路基板ならびにその製造方法、更に、ある対象物が接合された別の対象物（例えば回路基板）からある対象物（電子部品）を分離する分離方法に関する。

## 【0003】

## 【関連する技術】

近年、環境保護および省資源化の観点から、パソコンおよび携帯電話等を含む種々の電気・電子機器に用いられる電子回路基板に接合された電子部品のリサイクルが試みられている。また、電子回路基板に実装される電子部品の高性能化に伴って電子部品の価格が上昇して来ているため、このような高価な電子部品を再利用することは、電子回路基板の製造コストを下げる上で非常に重要である。

## 【0004】

従来の一般的な電子部品のリサイクルのための電子部品の回収方法では、使用

済みの電子回路基板を加熱し、この基板の表面にヘラなどをあてて、基板面に対してヘラを平行移動させることにより、電子部品と基板とを接合しているはんだ等の接合材料からなる接合部を機械的に分離（または破壊）して、電子部品を基板から掻きとって回収している。

#### 【0005】

しかしながら、上記のような従来のリサイクル方法では、電子部品に対する衝撃が大きく、電子部品から引き出されたリード（例えば電極）を変形および／または損傷させ、場合によっては電子部品そのものを損傷させることがある。損傷を有する電子部品は再利用可能な程度に修理する必要があり、かえってコストの増大を招く。また、上述の従来の方法によれば、基板に実装された全ての電子部品を一度に掻きとるため、種々の電子部品および破壊により生じた碎片などが混在した状態で電子部品が回収される。このようにして回収した電子部品は分別が困難で、手作業で行っているのが現状である。

#### 【0006】

このような電子部品の回収を容易にするために、水素との反応により膨張して粉体化または剥離する、薄膜形態の中間材を電子部品および／または基板に接着して、そのような電子部品と基板とをはんだにて接合することにより得られる、分離可能な接合構造物が日本国特許公報第3125043号公報に開示されている。この接合構造物を形成する中間材には水素吸蔵合金が使用され、中間材が水素を吸収すると、膨張または粉体化するために、電子部品と基板の間の接合状態が解除され、それによって、電子部品を基板から分離することができるようになっている。尚、日本国特許公報第3125043号公報に記載された内容の内、以下に説明する本発明に関連して本発明に適用可能な技術的事項は、この引用によって本明細書の記載に含まれるものとする。

#### 【0007】

このような接合構造物は、それを形成するに際して、はんだによる接合の前に、電子部品および／または基板に水素吸蔵合金の薄膜を予め形成する必要がある。この薄膜を形成する場合、電子回路基板の製造プロセスに1つの工程を追加する必要がある。しかしながら、この追加の工程は、製造設備およびコストの増加

をもたらすので望ましいものではなく、電子部品の回収において更なる向上が期待されている。

#### 【0008】

##### 【発明の概要】

そこで、本発明は、上述のような従来技術を一層向上させるためになされたものであり、本発明の課題は、ある対象物と別の対象物との間で接合部をより簡便に形成できると共に、接合後は、ある対象物を別の対象物から容易に分離できる、分離可能な接合構造部を形成できる接合材料、そのような材料を使用する接合方法、および形成された接合部の分離（または弱化、あるいは弱化および分離）方法を提供することである。

#### 【0009】

本発明は、例えば電子部品のようなある対象物（以下、混乱を避けるために「ある対象物A」とも呼ぶ）を、例えば回路基板のような別の対象物（以下、混乱を避けるために「別の対象物B」とも呼ぶ）に接合（または結合もしくは接続）する接合部を形成する際に用いる接合材料であって、はんだ材料、および水素を吸蔵できる水素吸蔵金属材料を含んで成り、水素吸蔵金属材料は、接合材料中で分散している粒子の形態である接合材料を提供する。本発明の接合材料は、はんだ材料と粒子の形態の水素吸蔵金属材料とを含み、これを用いて形成された接合部は、熔融して固化したはんだ材料および粒子形態の水素吸蔵金属材料を含んで成り、ある対象物Aを別の対象物Bに物理的かつ電氣的に接合する。

#### 【0010】

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の接合材料を用いて形成した接合部を有する電子回路基板の模式的立面図であり、接合部は、その内部が判るように断面状態で示している。

【図2】 本発明の接合材料により接合した電子部品の分離方法を説明する概略模式図である。

【図 3】 本発明の接合材料を用いて形成した接合部を有する電子回路基板の様子を示す模式的図面であり、接合部は、その内部が判るように断面状態で示している。

【図 4】 図 3 に示した状態の接合部の水素吸蔵金属材料が膨張した時の様子を模式的に示す模式的図面であり、接合部は、その内部が判るように断面状態で示している。

### 【0011】

以下の引用番号は、以下の要素を表す：

- 1 基板、2 電子部品、3 接合材料、4 電極、5 水素吸蔵金属粒子、
- 6 はんだ材料、7 水素吸蔵金属層、10、11 電子回路基板、
- 20 チャンバ、21 電子回路基板、22 台、23 加振機、
- 24 ヒーター、25 送風機、26 水素供給装置、27 圧力発生装置、
- 30 電子部品のリード、32 回路基板、34 接合部、36 はんだ材料、
- 38 水素吸蔵金属材料の粒子、40 割れ。

### 【0012】

#### 【発明の詳細な説明】

本発明の接合材料において使用する水素吸蔵金属材料は、水素を吸蔵でき、また、吸蔵した水素を放出できる金属材料である。また、そのような金属材料を含む接合部を水素を含む雰囲気に付した場合（または曝した場合）、その雰囲気の温度および水素圧力（または雰囲気が他の気体をも含む場合は水素分圧）に応じてその体積が変化する金属材料である。このような体積変化は、接合部が付される雰囲気において、金属材料が水素を吸蔵（もしくは取込）または放出（もしくは解放）することによってもたらされる。このような吸蔵（または放出）は、金属材料の体積が実質的に膨張（または収縮）することによって、本発明の課題が達成される限り、いずれのメカニズムで生じるものであってもよい。例えば、吸蔵（または放出）は、水素と金属材料との反応（または逆の反応）、水素の金属材料への吸着（またはそれからの脱着）および／または水素の金属材料への吸収（またはそれからの放散）などによって生じるものであってもよい。

## 【0013】

本発明の接合材料に使用可能な水素吸蔵金属材料は、金属材料が存在する雰囲気の水素圧力および／または温度で体積が変化するものであれば、合金であっても、あるいは金属単体であってもよい。特に好ましい水素吸蔵金属材料は、いわゆる「水素吸蔵合金」と呼ばれているものであり、具体的には、La系、Ti系、Ca系およびMg系合金を例示でき、特に $\text{LaNi}_5$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ 、 $\text{Ti}_{0.88}\text{Zr}_{0.12}\text{Mn}_{1.0}\text{V}_{0.4}\text{Ni}_{0.6}$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Mn}_{0.5}$ および $\text{Mg}_2\text{Ni}$ などを例示できる。また、別の水素吸蔵金属材料として、水素化金属を形成できる単体金属を使用できる。特に好ましいものは、Pd、V、TiおよびZrからなる群から選択される少なくとも1種である。

## 【0014】

本発明の接合材料は、粒子の形態で水素吸蔵金属材料を含むが、粒子はいずれの形状であってもよく、規則的な形状であっても、不規則な形状であってもよい。例えば、水素吸蔵金属材料は、粉末状、粒状、チョップド繊維状物、フレーク状物等の形状であってもよい。このような金属材料は、粒子の形態で接合材料中で分散している。この分散の状態は、均一であるのが好ましく、常套的な混合方法（例えば攪拌、混練等）によって分散する程度であってもよい。

## 【0015】

本発明の接合材料に用いる粒子形態の水素吸蔵金属材料は、水素を吸蔵することによってその体積が増加し（即ち、金属材料が膨張し）、逆に、吸蔵していた水素を放出することによってその体積が減少する（即ち、金属材料が収縮する）。ある雰囲気に配置されている水素吸蔵金属材料が、別の雰囲気に配置された場合に、水素を吸蔵する、あるいは吸蔵した水素を放出する挙動は、前者の雰囲気（即ち、元の雰囲気）における金属材料の状態（即ち、水素を吸蔵している程度）、ならびに後者の雰囲気（即ち、後に配置された雰囲気）の温度および水素圧力に依存する。

## 【0016】

従って、水素吸蔵金属材料の水素吸蔵程度、水素吸蔵金属材料が配置されるべき雰囲気の温度および水素圧力を種々組み合わせることによって、水素吸蔵金属

【0017】

【0018】

【0019】

水素吸蔵金属の周囲の雰囲気（0）と雰囲気（x）との間で繰り返し変化させることにより、膨張を繰り返す場合（例えば、雰囲気（0）から雰囲気

気 (x) に変えて膨張させ、その後、雰囲気 (x) から雰囲気 (0) に変えて収縮させ、その後、雰囲気 (0) から雰囲気 (x) に変えて膨張させる場合) のように、1回の膨張によって水素吸蔵金属材料が含まれる接合部の少なくとも一部分において接合部の強度を実質的に弱くできなくとも、複数回の膨張によって水素吸蔵金属材料が含まれる接合部の少なくとも一部分において接合部の強度を弱くできる場合には、雰囲気 (x) は粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気 (1) に相当する。

### 【0020】

本発明の接合材料は、水素吸蔵金属材料に加えて、はんだ材料を含む。このはんだ材料は、いわゆる「はんだ」として電気的かつ機械的な接合を意図して一般的に使用されているものであれば特に限定されるものではなく、鉛を含むものであっても、あるいは「鉛フリーはんだ」と呼ばれるものであってもよい。また、接合材料は、その他の必要な成分を含んでもよく、例えばフラックスおよびロジン等を含んでもよい。フラックスは、これらの配合成分のバインダーとしても機能できる。本発明の接合材料は、水素吸蔵金属材料およびはんだ材料ならびに必要な他の成分を配合することによって得られる。この配合には、いずれの適当な混合方法をも用いることができる。

### 【0021】

1つの態様では、本発明の接合材料は、「クリームはんだ」として当該技術分野にて広く知られている接合材料に、上述の粒子形態の水素吸蔵金属材料を含ませたものであってもよい。この場合、「クリームはんだ」に粒子形態の水素吸蔵金属を混合して得ることができ、得られる接合材料もクリームはんだと同じ形態（ペースト状またはクリーム状）となり、スクリーン印刷等の常套のはんだ材料適用方法によって別の対象物Bに配置することができる。

### 【0022】

本発明の接合材料の好ましい態様では、接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料は、実質的に水素を吸蔵していない状態である。即ち、水素圧力を有する雰囲気に置かれると、金属材料の体積が増加する、即ち、膨張できる状態である。この水素を実質的に吸蔵していない状態は、水素を吸蔵していない水素吸蔵金属材料

とはんだ材料等との配合を水素が存在しない雰囲気において実施し、その後、水素が実質的に存在しない雰囲気中で保持することにより確保される。

### 【0023】

上述の本発明の接合材料は、ある対象物Aを別の対象物Bに接合する接合方法に適用できる。従って、本発明は、本発明の接合材料をこれらの対象物（AおよびB）の間に配置して、接合材料に含まれるはんだ材料を溶融して冷却し、接合部を形成する、接合方法を提供する。この接合方法は、水素吸蔵金属材料が水素を吸蔵して膨張しないように、水素が実質的に存在しない雰囲気下で実施する。

### 【0024】

ある対象物Aを別の対象物Bに接合するために、本発明の接合材料をいずれの常套のはんだ付け方法で使用してもよく、例えば、はんだ材料を用いて電子部品を回路基板に実装するために通常採用されている方法を用いてもよい。一般的には、別の対象物Bの所定箇所に、本発明の接合材料を配置し、接合材料と接触するようにある対象物Aを配置し、その後、はんだ材料の溶融温度以上までに接合材料を加熱し、その後、冷却することにより、本発明の接合材料に由来する接合部によってある対象物Aが別の対象物Bに接合される。上述のように、本発明の接合材料は、クリームはんだの形態であってよく、この場合、別の対象物Bへの接合材料の配置はスクリーン印刷によって実施できる。接合材料の加熱は、例えば、ある対象物Aが配置された別の対象物Bをリフロー炉にて加熱することによって実施できる。

### 【0025】

尚、はんだにより接合部を形成する一般的な方法においては、水素が実質的に存在しない雰囲気にて、はんだの溶融および冷却による接合部の形成が実施されるので、接合部が形成された後も、水素を吸蔵していない状態で水素吸蔵金属材料が保持される。

### 【0026】

上述のように本発明の接合材料を用いて接合部を形成する場合、粒子の形態の水素吸蔵金属材料は、接合材料を加熱してはんだ材料を溶融する時に、ある対象物Aと別の対象物Bとの間の接合部の露出表面部分（即ち、接合材料を加熱する



前に、接合材料がその周囲の気体（または空気）雰囲気と境界を接する部分）またはその近傍に移動してそこに偏在し易く、冷却後には、接合部の露出表面またはその近傍にそのまま存在することが見出された。尚、このことは、粒子形態の水素吸蔵金属材料が、露出表面部分またはその近傍以外の接合部の内部に存在することを排除するものではなく、水素吸蔵金属材料は、露出表面に加えて、接合部の内部にも存在してもよい。

#### 【0027】

従って、形成された接合部の露出表面またはその付近には粒子形態の水素吸蔵金属材料が多く存在するので、別の対象物Bを、従って、接合部を、水素雰囲気に付した時に、それに含まれている水素吸蔵金属材料が水素雰囲気と容易に接触できる、即ち、容易に水素を吸蔵することができる。また、接合部を形成している溶融して固化したはんだ材料の内部には粒状形態の水素吸蔵金属材料が相対的に少ないので、はんだ材料本来の接合強度に近い接合強度を有する接合部を形成し易い。

#### 【0028】

従って、このような水素吸蔵金属材料を含む接合部を、水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気にとすると、粒子形態の水素吸蔵金属材料が容易に水素を吸蔵して膨張し、接合部の粒子の周囲のはんだ材料の部分に膨張による応力が作用し得、その結果、粒子の周囲で部分的に割れが生じて接合部が弱化し、場合によっては破壊する。更に、そのように膨張した水素吸蔵金属材料を含む接合部を、水素吸蔵金属材料の体積が減少するのに十分な水素放出条件を有する雰囲気にとすると、水素吸蔵金属材料が容易に水素を放出して収縮するので、接合部（特に粒子形態の水素吸蔵金属材料の周囲のはんだ材料の部分）に収縮による応力が作用し得、その結果、接合部に部分的に割れが生じて更に弱化し、場合によっては接合部が破壊する。尚、破壊とは、接合部によるある対象物Aと別の対象物Bとの接合状態が解消することを意味する。

#### 【0029】

更に、1回の膨張および／または収縮によって接合部の強度が弱化しない、あるいは接合部が破壊しない場合であっても、上述の膨張および収縮を繰り返すと

、接合部（特に粒子形態の水素吸蔵金属材料の周囲のはんだ材料の部分）に膨張および収縮により逆方向の応力が繰り返し作用して、接合部が疲労し、その結果、接合部に部分的に割れが生じて一層弱化し、好ましくは接合部が破壊する。尚、接合部が弱化するとは、接合部の形成時に接合部が元々有していた接合強度が維持されていないことを意味し、弱化するか、あるいは破壊するかは、接合部自体の本来の強度に依存するので、弱化することなく、直接破壊する場合も有り得る。一般的には、弱化した場合は、追加の力を外部から接合部に加えることにより、ある対象物Aを別の対象物Bから分離できる。破壊の場合は、そのような力を加えることなくある対象物Aを別の対象物Bから分離できる。

#### 【0030】

従って、本発明は、本発明の接合材料を用いて形成された接合部によってある対象物Aが接合されている別の対象物Bから、該ある対象物Aを分離する方法であって、水素吸蔵金属材料は、実質的に水素を吸蔵していない状態にあり、接合部を水素を含む雰囲気に付して水素吸蔵金属材料に水素を吸蔵させることを含む、該ある対象物Bの分離方法を提供する。好ましい態様において、この分離方法では、雰囲気は、粒子形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有し、それによって、粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積を増加させ、それによって、接合部を弱化または破壊する。

#### 【0031】

尚、本発明の分離方法は、ある対象物Aと別の対象物Bとの間の電気的および物理的接合状態を解除して、最終的にある対象物Aを別の対象物Bから空間的に分離する（または除去する）ことを含むが、本発明の分離方法は、分離に到る前に、上述のように接合部を弱化または破壊することを含み、その点に主たる特徴を有する。従って、本発明の分離方法は、接合部の弱化方法または破壊方法と呼ぶこともできる。

#### 【0032】

水素吸蔵金属材料の体積は、その種類に応じて、水素吸蔵金属材料が置かれる雰囲気の温度および水素圧力により変化する。従って、粒子形態の水素吸蔵金属材料が上述のように膨張および収縮して接合部を弱化（または破壊）するための

条件、即ち、その体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気、また、その体積が減少するのに十分な水素放出条件を有する雰囲気（これは、先に説明した「粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気」と実質的に逆の内容であり、説明において「増加」の代わりに「減少」を、また、「吸蔵」の代わりに「放出」を適用した意味で使用する）は、水素吸蔵金属材料の種類に応じて異なる。これを利用すると、接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料の種類を変えることによって、上述のような接合部の弱化、好ましくは破壊を生ぜしめる、水素吸蔵金属材料の体積が増加（または減少）するのに十分な水素吸蔵（または放出）条件を有する雰囲気を異ならしめることができる。

#### 【0033】

水素吸蔵金属材料が実質的に水素を含まない状態を基準にすると、例えば、 $\text{LaNi}_5$ のような水素吸蔵金属材料は、室温（例えば約 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ ） $\sim 150^\circ\text{C}$ の温度範囲および $0.1 \sim 10\text{MPa}$ の圧力範囲において、相当大きく（例えば体積が約 $1.3$ 倍またはそれ以上に）膨張するが、特にそのような圧力下にて室温から $100^\circ\text{C}$ またはそれ以上に加熱すると、体積の変化割合が大きい。また、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ のような水素吸蔵金属材料も、室温（例えば約 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ ） $\sim 150^\circ\text{C}$ の温度範囲および $0.1 \sim 10\text{MPa}$ の圧力範囲において、相当大きく（例えば体積が約 $1.3$ 倍またはそれ以上に）膨張する。但し、これらの金属材料の膨張挙動が圧力および温度に関して同じように依存するわけではなく、それぞれ、その種類に応じて固有の温度および圧力条件において特有の程度（または割合）で膨張する。

#### 【0034】

例えば2種類のある対象物（A-1およびA-2）を接合するに際して、それぞれ異なる水素吸蔵合金材料（X-1およびX-2）を含む接合材料（M-1およびM-2）を使用して2種類の接合部を形成する場合を考える。この場合において、ある対象物A-1を接合する接合材料M-1の水素吸蔵合金材料X-1のみを膨張させて、その接合部のみを弱化させ、必要に応じて機械的な作用の助力によって、ある対象物A-1のみを分離し、その後、ある対象物A-2を接合す

る接合材料M-2の水素吸蔵合金材料X-2を膨張させてその接合部を弱化させ、必要に応じて機械的な力の作用の助力によって、ある対象物A-2を分離することが可能となり、これによって、ある対象物A-1を他種のある対象物A-2と区別して分離する、即ち、選択的に分離することが可能となる。同様に、それぞれ異なる水素吸蔵金属材料を含む3種以上の種類の接合材料を用いて、それと同数の種類のある対象物Aを接合した別の対象物Bから、各種のある対象物Aを選択的に別々に分離することも可能である。

### 【0035】

例えば、水素吸蔵金属材料としての $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ およびはんだ材料としてのSn-Ag-Cuを含む接合材料を用いてある対象物A-1を別の対象物Bに接合し、水素吸蔵金属材料としての $LaNi_5$ およびはんだ材料としてのSn-Ag-Cuを含む接合材料を用いてある対象物A-2を同じ別の対象物Bに接合する（但し、水素吸蔵金属材料は水素を吸蔵していない）。このようにして得られた別の対象物Bを最初に水素圧力0.1~1MPaの水素圧力を有する雰囲気内で約30℃で保持する。この時、水素吸蔵金属材料は共に水素を吸蔵し得るが、それによる膨張の程度は、 $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ については $LaNi_5$ より遥かに大きく、膨張による接合部の弱化は、ある対象物A-1との接合部のみににおいて実質的に生じる。即ち、この30℃の雰囲気は、 $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ のみに関して、その体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気である。この後、必要に応じて、30℃を維持したままで、雰囲気における水素の圧力を下げ、その後、再び上げることにより、 $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ の粒子は膨張・収縮を繰り返し、それにより接合部の弱化は一層促進される。この際、ある対象物A-2との接合部では、 $LaNi_5$ の粒子の膨張・収縮が生じ得るものの、その程度は、実質的に無視し得る。従って、この状態で、ある対象物A-1との接合部は弱化されているが、対象物A-2との接合部は弱化されていないので、別の対象物B全体に外力（例えばブラシによる機械的な力、超音波振動）を作用させた場合、対象物A-1のみ分離することができる。

### 【0036】

その後、水素圧力をそのままにして雰囲気内の温度を約 $100^{\circ}\text{C}$ に上げて、 $\text{LaNi}_5$ の粒子を膨張させ、それによって、ある対象物A-2との接合部を弱化させる。先と同様に、必要に応じて膨張・収縮を繰り返し、また、外力を加えて、ある対象物A-2を分離できる。この場合、この $100^{\circ}\text{C}$ の雰囲気は、 $\text{LaNi}_5$ に関しては、その体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気である。

#### 【0037】

尚、接合部の状態（例えば接合強度、接合部の構造等）に応じて、1回の膨張のみで十分な弱化（または破壊）が可能である場合があり、あるいは収縮を組み合わせる膨張・収縮を複数回、例えば10回またはそれ以上、好ましくは20回またはそれ以上繰り返す必要がある場合もある。また、弱化させた場合に、自然に接合部が完全に破壊している（即ち、ある対象物が完全に別の対象物から分離している）場合もあり、別の場合では、完全に破壊しない場合には、外力により完全な破壊に到る場合もある。

#### 【0038】

上述のように、異なる水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気が異なる（雰囲気D-1および雰囲気D-2）2種の接合材料（M-1およびM-2）を用いて2種類のある対象物（A-1およびA-2）を1つの別の対象物Bに接合しておくこと、別の対象物Bを雰囲気D-1に付すことによって、接合材料（M-1）により形成された接合部のみを、他の接合材料（M-2）により形成された接合部を実質的に弱化させることなく、実質的に弱化させてその接合部により接合されたある対象物（A-1）を選択的に分離でき、次に、別の対象物Bを雰囲気D-2に付すことによって、別の特定の接合材料（M-2）により形成された接合部を実質的に弱化させてその接合部により接合されたある対象物（A-2）のみを分離できるという選択的分離が可能となる。

#### 【0039】

このような選択的分離は、接合部に含まれる水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件が異なる3種またはそれ以上の接合材料を用いると、3種類またはそれ以上のある対象物Aを別々に選択的に分離できる。このような

選択的分離は、ある対象物Aの種類毎に分離して回収できるので好都合である。

#### 【0040】

従って、本発明は、少なくとも2つのある対象物A-1およびA-2が本発明の接合材料により形成された接合部によって接合された別の対象物Bから、該ある対象物A-1およびA-2を分離する方法を提供し、この方法では、少なくとも1つの該ある対象物A-1を該別の対象物Bに接合する接合部を形成する接合材料に含まれる粒子の形態の水素吸蔵金属材料x-1は、他の少なくとも1つの該ある対象物A-2を該別の対象物Bに接合する接合部を形成する接合材料に含まれる粒子の形態の水素吸蔵金属材料x-2と異なり、その結果、前者の水素吸蔵金属材料x-1の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気D-1において、後者の水素吸蔵金属材料x-2の体積は実質的に増加せずに、後者の水素吸蔵金属材料x-2の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気D-2は該雰囲気D-1と異なるように、水素吸蔵金属材料x-1およびx-2が選択されており、この方法は、(a) 該別の対象物Bを前者の雰囲気D-1に配置すること、および(b) 該別の対象物Bを後者の雰囲気D-2に配置することを含む。

#### 【0041】

従って、本発明は、本発明の接合材料を使用して、上述の分離方法を実施できる、ある対象物A-1およびA-2を別の対象物Bに接合する接合方法を提供し、この方法では、少なくとも1つのある対象物A-1の接合の際に用いる接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料x-1は、他の少なくとも1つのある対象物A-2の接合の際に用いる接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料x-2と異なる。

#### 【0042】

本発明の接合材料は、例えば、ある対象物Aとしての電子部品を、別の対象物Bとしての回路基板に接合する場合に使用する材料として好適に用いられる。即ち、本発明の接合材料は、はんだ材料を含み、それを熔融させることによって、ある対象物Aと別の対象物Bを電気的かつ機械的に接合する接合部を形成することができる。従って、本発明は、上述の本発明の接合方法において、ある対象物が電子部品であり、別の別の対象物が回路基板である接合方法を提供する。従っ

て、本発明は、電子部品を回路基板に実装して電子回路基板を製造する方法であって、電子部品の実装の際に上述の本発明の接合材料を用いる、電子回路基板の製造方法を提供する。

#### 【0043】

また、本発明は、本発明の接合材料を用いて形成された接合部によって電子部品が接合されている回路基板から、電子部品を分離する方法（またはそのような接合部の弱化方法）であって、水素吸蔵金属材料は、実質的に水素を吸蔵していない状態にあり、接合部を水素吸蔵条件を有する雰囲気（例えば水素ガス）に付して水素吸蔵金属材料に水素を吸蔵させることを含む、電子部品の分離方法（または接合部の弱化方法）を提供する。好ましくは、水素吸蔵条件を有する雰囲気は、水素吸蔵金属材料の体積を増加させるに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気であり、それによって、粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積を増加させる。

#### 【0044】

この方法では、上述のような水素を実質的に吸蔵していない（あるいは少量の水素しか吸蔵していない）水素吸蔵金属材料が接合材料に含まれている場合、これを膨張させる雰囲気（例えばより高圧の水素の雰囲気）、即ち、水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気に、あるいは膨張させた後にこれを収縮させる雰囲気（またはこの膨張・収縮を繰り返す雰囲気）に接合部を配置することによって、それぞれ水素吸蔵金属材料が膨張し、あるいは膨張および収縮し（または膨張および収縮を繰り返す）、その結果、接合部が弱化、好ましくは破壊する。

#### 【0045】

また、上述のようなある対象物Aの選択的分離は、本発明の接合材料を用いて、複数種の電子部品を回路基板に接合した後、それらの電子部品を種類毎に選択的に分離して回収する場合に有効である。

#### 【0046】

従って、好ましい態様においては、それぞれが異なる水素吸蔵金属材料を含む複数の接合材料を準備し、同種の電子部品の接合にはある特定の1種の接合材料を使用し、別の種類の電子部品の接合には別の特定の種類の接合材料を使用する

。このようにして、複数の種類の電子部品を回路基板に接合するに際して、電子部品の種類に応じて異なる接合材料を使用して電子回路基板を製造する。

#### 【0047】

このようにすると、接合部に含まれる水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気異なるので、特定の種類の部品に関連する接合部のみを弱化する雰囲気に電子回路基板を配置することによって、その特定の種類の部品の接合部のみ弱化し、従って、そのような部品のみを回路基板から容易に分離することができる。

#### 【0048】

従って、本発明の別の要旨においては、上述のような接合材料を使用して、対象物Aを別の対象物Bに接合する方法、特に電子部品を基板に接合する、電子回路基板の製造方法が提供される。特に、それぞれ異なる種類の水素吸蔵金属材料を含む、複数のはんだ材料を使用して、複数の種類のある対象物A、例えば電子部品を、単一の別の対象物B、例えば回路基板に接合する方法を提供する。

#### 【0049】

特に好ましい態様では、複数種のある対象物Aが別の対象物Bに、複数種の上記の本発明の接合材料により形成された接合部によって接合された状態を分離する方法を提供し、接合部を水素吸蔵金属材料が膨張する第1の雰囲気にさらし、1つの種類のある対象物A-1と別の対象物Bとの間の接合部を弱化し、次に、接合部を水素吸蔵金属材料が膨張する第2の雰囲気にさらし、他の種類のある対象物A-2と別の対象物との間の接合部を弱化することを特徴とする。それによって、特定のある対象物A-1、例えば特定の電子部品を、他のある対象物A-2とは別に選択的に分離して回収することができる。

#### 【0050】

本発明の電子回路基板の分離方法は、実質的に水素を吸蔵していない水素吸蔵金属材料を含む接合材料によって接合された接合部を有する回路基板を、所定の温度および水素圧力を有する雰囲気、特に水素吸蔵金属材料の体積を増加させるのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気に配置することを含む。これによって、水素吸蔵金属材料を実質的に膨張させる。



## 【0051】

好ましい態様においては、本発明の分離方法は、接合部を上述のように弱化することに加えて、弱化した接合部に別の力（例えば衝撃力、振動による力等）を外部から作用させて接合部を一層弱化させ、好ましくは破壊する工程を更に含む。そのような力は、例えば別の要素（例えば打撃装置、エアブロー装置等）によりある対象物Aまたは弱化した接合部に力を直接または間接的に加えることにより、あるいは別の対象物Bを振動させること（例えば超音波振動機により振動させること）により加えることができる。

## 【0052】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら具体的に説明する。図1に、本発明の接合材料を用いて形成した接合部3によって、ある対象物Aとしての電子部品2が別の対象物Bである回路基板1の上面に接合されている状態の電子回路基板10の立面図を模式的に示す。詳しくは、図示した態様において、電子部品2の電極2'が回路基板1上に形成された電極4に接合部3を介して接合されている。尚、図1は、接合部の様子を容易に理解することを目的として、図解的に単純化して示すものである。

## 【0053】

本発明の接合材料は、はんだ材料、粒子形態の水素吸蔵金属材料および必要な他の成分を含むが、接合部3は、そのような接合材料をはんだ材料の熔融温度以上の温度に加熱した後に冷却して形成され、図示するように、粒子形態の水素吸蔵金属材料5およびはんだ材料6により実質的に形成されている。勿論、接合部の形成後に残り得る成分を含む場合は、そのような成分も接合部3に存在する。

## 【0054】

上述のように、本発明の接合材料を使用して接合部を形成する場合、接合部3の露出表面（即ち、接合部3とその周囲の雰囲気との境界部分）に、水素吸蔵金属材料からなる水素吸蔵金属材料の粒子5が偏在する傾向がある。図示するように、接合部の内部にも水素吸蔵金属材料の粒子5が分散して存在するが、相対的

により多くの量の水素吸蔵金属材料の粒子5が露出表面に存在する。その結果、接合部は、はんだ材料本来の強度に近い接合強度を確保しながらも、（水素雰囲気下に配置した場合には）水素吸蔵金属材料は容易に水素を吸蔵できる状態となっている。

#### 【0055】

本発明の接合材料に用いる水素吸蔵金属粒子5は、任意の適切な形状を有し得るが、はんだ材料6との混合が良好で、取扱いが容易な形状のものが好ましい。図示した態様では、球形であるものを主に示しているが、図示するような他の例である細長い形状、楕円系、不規則な形状5'であつてもよい。例えば、水素吸蔵金属粒子5は、粒状であつてよく、例えば直径約100 $\mu\text{m}$ 以下、好ましくは75 $\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは10～30 $\mu\text{m}$ の球形状である。別の態様では、粒子は回転楕円体形状などを有し得る。更に別の態様では、ロッド状、フレーク状、繊維状等であつてもよい。

#### 【0056】

水素吸蔵金属材料としては、温度および圧力に依存して体積が変化する既知の水素吸蔵金属材料を用いることができるが、例えば $\text{LaNi}_5$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ 、 $\text{Ti}_{0.88}\text{Zr}_{0.12}\text{Mn}_{1.0}\text{V}_{0.4}\text{Ni}_{0.6}$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Mn}_{0.5}$ および $\text{Mg}_2\text{Ni}$ のような合金、あるいはPd、V、TiおよびZr等の元素が挙げられる。また、本発明はこれらに限定されるものではなく、水素吸蔵金属材料と同様に温度および／または圧力に依存して体積が変化するものであればよく、水素以外の物質をも吸蔵するものであつてもよい。

#### 【0057】

本発明の接合材料において、はんだ材料は、当該技術分野において既知の材料を用いることができ、水素吸蔵金属材料と同様に粒子（または粉末）形態であるのが好ましい。はんだ材料は、例えばSn-Ag系、Sn-Bi系、Sn-Ag-Bi系、Sn-Ag-Bi-In系、Sn-Cu系またはSn-Pb系合金などから成るものであつてよい。

#### 【0058】

また、本発明の接合材料は、はんだ材料に加えて、他の物質、例えばロジン、

活性剤および溶剤から成るフラックスを含んでよい。従って、例えばクリームはんだに水素吸蔵金属材料を配合して本発明の接合材料として用いることができる。この場合、本発明の接合材料は、水素吸蔵金属材料が、例えば、ロジン、活性剤および溶剤から成るフラックスと、直径 $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 30 \mu\text{m}$ のはんだ粉末とが混合されたクリームはんだに配合された形態であってよい。尚、はんだ材料は、鉛フリーのものが好ましいが、従来からの鉛を含むはんだ材料であってもよい。

#### 【0059】

別の対象物Bである基板1の材料およびその上に配置される電極4および配線の材料についても、当該技術分野において既知のものを使用できる。例えばガラスエポキシ樹脂、紙フェノールなどの基板材料、ならびに銅などの電極・配線材料を用いて形成された回路基板に本発明の接合材料を適用することができる。

#### 【0060】

また、ある対象物Aは、別の対象物Bに接合すべきものであれば特に限定されるものではない。ある対象物Aとしての電子部品については、図1では1つの例としてコンデンサ2を示しているが、これに限定されず、いずれの他の電子部品であってもよく、例えば抵抗、トランジスタ、インダクタなどの他のチップ部品、QFP部品、CSP部品、ならびにコネクタなどであってもよい。

#### 【0061】

以下、上述のような電子回路基板の製造方法、より詳細には、電子部品を接合することにより電子回路基板を製造する方法を例にして本発明を更に詳細に説明する。尚、電子部品のようなある対象物Aと回路基板のような別の対象物Bとの間の接合は、これらの対象物の電極として作用する要素間の接合である。

#### 【0062】

まず、水素を実質的に吸蔵していない水素吸蔵金属材料の粒子5、はんだ材料6および必要な他の成分（例えばロジン、フラックス等）とを、水素から隔離した雰囲気中で混合してペースト状の本発明の接合材料を得る。別の態様では、市販のクリームはんだに水素吸蔵金属材料を混合してよい。ここで、水素吸蔵金属材料の粒子の配合割合は、接合材料に含まれるはんだ材料の重量を100%として

、例えば5～70%、好ましくは20～50%、より好ましくは好ましくは20～40%であり、その量は、必要とされる接合部の接合強度に応じて適宜選択することができる。この混合においては、接合材料の適用を容易にするために、所望の粘度の接合材料が得られるようにフラックスの量を必要に応じて変えて調整してもよい。

#### 【0063】

次に、所定の位置に電極4および該電極4と接合された配線パターン（図示せず）が予め形成された例えばプリント基板などの回路基板1を準備し、この電極4の上に、上述のようにして得られた接合材料をスクリーン印刷法などにより配置する。得られた基板1の上に、電子部品2の外部電極2'が電極4上の接合材料と接触するようにして、電子部品2を載せる。

#### 【0064】

その後、該基板1をリフロー炉などに通して、はんだ材料6の融点以上（例えば200～240℃）に加熱してはんだ材料6を溶融させ、次いで室温まで冷却して固化する。このようにして、図1に模式的に示す接合部3が形成される。尚、溶融したはんだ材料6は、電子部品2の外部電極2'との濡れにより、外部電極の表面に沿って上昇し、その状態を保持したまま固化するが、水素吸蔵金属粒子5は溶融せず、図示するように、はんだ材料6の露出表面に相対的に多く偏在し、また、接合部の内部で分散したままの状態ではんだ材料に含まれている。

#### 【0065】

上述のような電子回路基板からの電子部品の分離方法について図2を参照して説明する。電子部品2としての2つのコンデンサを有する電子回路基板21を、加振機23と結合して台22上に配置する。加振機23および台22は、加圧の水素雰囲気を保持できるチャンバ20内に配置されている。

#### 【0066】

次に、水素供給装置26から水素を供給してチャンバ20内を水素で満たす。チャンバ20内での雰囲気は、水素だけを含む雰囲気であっても、水素に加えて他の気体、例えばCO、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oなどの気体成分を含む雰囲気であってもよ

い。また、チャンバ内に水素を供給しながら行うことも可能である。

#### 【0067】

必要に応じて、例えばヒーター24を加熱して送風機25を稼働させることによってチャンバ内の雰囲気を加熱して電子回路基板21を加熱する。電子回路基板21の温度は、室温～200℃、好ましくは室温～150℃、より好ましくは室温～100℃である。

#### 【0068】

接合部に含まれる水素吸蔵金属材料の種類に応じて、水素吸蔵金属材料の体積の増加に十分な水素吸蔵条件を含む雰囲気となるように、チャンバ20内の雰囲気の温度をよび水素圧力（または水素分圧）に設定する。雰囲気の圧力は、圧力発生装置27を用いて所定の値まで上昇させる。チャンバ内の水素圧力、即ち、電子回路基板21、従って、接合部が曝される雰囲気の水素圧力は、一般的に0.01～10MPa、好ましくは0.1～8MPaである。この水素圧力は、所定の値で一定時間継続的に保持しても、あるいは所定の値とそれより低い値（例えば真空に近い圧力）との間で周期的に変更してよい。後者の場合は、それぞれの値にて所定時間保持するのが好ましく、粒子形態の水素吸蔵金属材料の膨張と収縮が繰り返されるので、接合部の弱化が促進され易い。

#### 【0069】

このようにすると、接合部の接合強度が低下し、即ち、弱化し、好ましくは接合部が破壊される。この理由は、チャンバ内の雰囲気に応じて水素吸蔵金属の体積が変化すること、より詳細には、水素吸蔵金属材料の粒子が水素を吸蔵して膨張し、あるいは一旦吸蔵した水素を放出して収縮することによって、水素吸蔵金属材料の粒子の周囲で接合部にクラックが発生することによると考えられる。

#### 【0070】

尚、接合部の弱化を促進し、また、破壊に到らしめるするために、必要に応じて加振機23を用いて電子回路基板21を振動させて電子回路基板の接合部に力を作用させ、電子部品2を分離してもよい。あるいは、加振機23に代えて、またはそれに加えて超音波発生機を用いてもよい。

#### 【0071】

図3に本発明の接合材料により形成された接合部の別の態様を模式的に示す。図3では、電子部品（図示せず）のリード30が回路基板32に接合部34を介して接合されている状態を模式的に示す。図1に示す場合と同様に、接合部34は、連続相としてのはんだ材料36の相に粒子形態の水素吸蔵金属材料38が存在する様子を示している。尚、図3では、存在する全ての粒子形態の水素吸蔵金属材料38を示すものではなく、接合部の露出表面に水素吸蔵金属材料の粒子が偏在する特徴を容易に理解するために、露出表面付近の粒子および接合部の内部の粒子を例示的に描いている。

#### 【0072】

図3の状態にある回路基板32を、接合部に含まれる水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気につして、粒子形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加したときの様子を、図3と同様に、図4に模式的に示す。図示した態様では、粒子形態の水素吸蔵金属材料38は膨張し、その径が大きくなっている様子を示す。また、粒子の周囲では膨張によるはんだ材料36の割れが生じている様子も示している。尚、割れの様子は、全ての粒子について示しておらず、例示的に幾つかの粒子により生じる割れについて図示しているにすぎない。

#### 【0073】

図4を参照すると容易に理解できるように、リード30と接合部34との境界（Aで図示する箇所）付近に存在する粒子もその膨張によって、はんだ材料の連続相に割れをもたらす（明瞭化のため、境界付近の粒子については、割れを図示せず）。そのような境界付近の割れは、接合部の内部で生じる割れと異なり、リード30に対する接合強度に大きく影響する。特に境界付近の割れは、その部分のはんだ材料の部分的破壊をもたらす、そのような部分に外力が作用すると、その割れがトリガーとなって、リード30が接合部から一気に剥離することになり得る。その結果、接合部34が基板32に残ったままで、リード30にはんだ材料が付着することなく、あるいは付着するはんだ材料の量が少なく状態で、リード30を分離することができる。

#### 【0074】

このことは、電子回路基板から電子部品を分離して回収する際に、接合材料に由来する材料の付着が比較的少ない電子部品を回収できることとなり、回収した電子部品を再利用が容易になる。他方、回路基板には接合材料に由来する材料が多量に付着したままとなるが、そのような回路基板を高温に加熱してはんだ材料を溶融することによって接合材料に由来する材料を水素吸蔵金属材料を含めて、回路基板から分離でき、また、回路基板も損傷が殆どない状態で回収できる。これにより、電子部品だけでなく回路基板をもより容易に分離して、再使用することができる。

#### 【0075】

以上のようにして電子部品を電子回路基板から分離して電子部品を回収することができる。このように回収された電子部品および基板には損傷が殆どない。

#### 【0076】

上述の本発明の方法によれば、所定の温度および水素圧力を有する雰囲気に付すだけで接合部の接合強度を低下させることが可能であり、よって、容易に分離可能な接合材料が提供される。本発明の接合材料では、水素吸蔵金属材料は、はんだ材料と共存するので、電子部品の実装に際して、従来のようにはんだ材料を基板に配置する工程で、水素吸蔵金属材料も同時に配置されるので、これまでの実装プロセスと比較した場合であっても、複雑な追加の工程を必要としない。

#### 【0077】

また、本発明の接合材料には、体積の温度および圧力依存特性が異なる水素貯蔵金属材料を用いることも可能である。このようにして得られる種々の接合材料は、接合強度が効果的に低下する温度および圧力条件、即ち、粒子形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気が異なる。このため、電子部品の種類に応じて異なる種類の接合材料を用いれば、各接合材料の特性に応じて温度および水素圧力条件を有する雰囲気を適切に選択することにより、特定の電子部品のみを分離して、分別回収することが可能となり、回収した電子部品を更に分別する必要がないという利点がある。

#### 【0078】

## 【実施例】

水素を吸蔵していない粒子の形態の水素吸蔵金属材料としての $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ （粒子径 $75\mu m$ 以下）を、市販のクリームはんだ（PS33BR-450A-F83、ハリマ化成製、はんだ材料組成： $Sn-3Ag-2.5Bi-2.5In$ 、はんだ材料粒子径： $20\sim40\mu m$ 、フラックス11重量%含有）に混合して本発明の接合材料を製造した。尚、水素吸蔵金属材料の配合量は、クリームはんだ中に含まれるはんだ材料に対して重量基準で41.7重量%であった。

## 【0079】

次に、上述のように製造した接合材料をスクリーン印刷にて、回路基板（リフロー評価用基板、ガラス・エポキシ製）上に設けた電極上に配置し、その後、回路基板上に電子部品（積層セラミックコンデンサ）を配置してその電極が接合材料の上に位置するようにした。

## 【0080】

このようにして得られた回路基板をリフロー炉に配置して、加熱してはんだ材料を熔融し、その後冷却して、回路基板上の電極と電子部品の電極との間に接合部を形成することにより、電子部品を回路基板上に実装して電子回路基板を製造した。

## 【0081】

尚、上述の本発明の接合材料は、クリームはんだ状であり、その外観は、その中に黒っぽい粒子である水素吸蔵金属材料が点在していたが、上述のように接合部を形成した後は、接合部の露出表面全体が黒褐色に着色していた。これにより、本発明の接合材料を使用して接合部を形成する場合、露出表面に水素吸蔵金属材料の粒子が偏在する傾向があることが確認された。

## 【0082】

上述のようにして得られた電子回路基板を水素チャンバ（ステンレス鋼製）内に配置して、水素雰囲気下で水素吸蔵金属材料の粒子を膨張させた。この雰囲気は、水素圧力 $8MPa$ であり、温度は $25^{\circ}C$ であった。この雰囲気を60分間維持した。その後、温度を維持したままで、チャンバ内の水素を排出してその中の



水素圧力を0.1 Paとし、その状態で60分間維持して、膨張した水素吸蔵金属材料の粒子を収縮させた。その後、温度を維持したままで、チャンバ内に水素を再供給してその中の水素圧力を再び8 MPaとして収縮した水素吸蔵金属材料を再び膨張させた。

### 【0083】

このように、温度を25℃に維持した状態で、水素チャンバ内への水素の供給およびそれからの水素の排出を繰り返すサイクル下に電子回路基板を付し、所定サイクル（膨張およびその後の収縮で1サイクルとする）後における接合部の接合強度を調べた。

### 【0084】

その結果、接合部の剪断強度は、40サイクルの後、接合部形成時に1.47 kgfであったものが0.50 kgfとなり（66%の減少）、接合強度は十分に弱化しており、人が手で簡単に電子部品を回路基板から分離することができる状態となった。

### 【0085】

尚、 $Ti_{0.88}Zr_{0.12}Mn_{1.0}V_{0.4}Ni_{0.6}$ をはんだ材料に対して19.2重量%含む接合材料も同様に製造し、また、同様に試験したが、接合部の剪断強度は約40%減少した。

### 【0086】

更に、 $La-Ni_{4.5}-Al_{0.5}$ および $La-Ni_5$ の水素吸蔵金属材料を含む接合材料についても、同様に接合材料を製造し（はんだ材料に対してそれぞれ15.6重量%および29.9重量%で水素吸蔵金属材料を含む）、また、同様に試験したが、接合部の剪断強度が約30%および約40%減少した。

## 特許請求の範囲

【請求項1】 はんだ材料と、水素を吸蔵できる水素吸蔵金属材料とを含んで成る、ある対象物を別の対象物に接合するための接合材料であって、

水素吸蔵金属材料が接合材料中に分散している粒子の形態である接合材料。

【請求項2】 水素吸蔵金属材料は、その周囲の雰囲気温度および／または水素圧力に依存して体積が変化する、請求項1に記載の接合材料。

【請求項3】 水素吸蔵金属材料は、 $\text{LaNi}_5$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ 、 $\text{Ti}_{0.88}\text{Zr}_{0.12}\text{Mn}_{1.0}\text{V}_{0.4}\text{Ni}_{0.6}$ 、 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Mn}_{0.5}$  および  $\text{Mg}_2\text{Ni}$ 、ならびに  $\text{Pd}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Ti}$  および  $\text{Zr}$  からなる群から選択される、請求項1に記載の接合材料。

【請求項4】 水素吸蔵金属材料は、実質的に水素を吸蔵していない状態にある、請求項1に記載の接合材料。

【請求項5】 接合材料は、いわゆるクリームはんだの形態である請求項1に記載の接合材料。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の接合材料を用いてある対象物を別の対象物に接合する接合方法であって、

これらの対象物の間に配置した接合材料を加熱してはんだ材料を溶融した後、冷却して接合部を形成して接合する、これらの対象物の接合方法。

【請求項7】 ある対象物が電子部品であり、別の対象物が回路基板である、請求項6に記載の接合方法。

【請求項8】 電子部品を回路基板に実装して電子回路基板を製造する方法であって、電子部品の実装の際に請求項7に記載の接合方法を用いる、電子回路基板の製造方法。

【請求項9】 少なくとも2つの電子部品を回路基板に実装して電子回路基板を製造する方法であって、

少なくとも1つの電子部品の実装の際に用いる接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料は、他の少なくとも1つの電子部品の実装の際に用いる接合材料に含まれる水素吸蔵金属材料と異なる、請求項8に記載の電子回路基板の製造方法。

【請求項10】 電子回路基板から電子部品を分離して回収するに際して、少なくとも1つの電子部品は、他の少なくとも1つの電子部品と別々に回収すべきものである、請求項9に記載の電子回路基板の製造方法。

【請求項11】 請求項1～5のいずれかに記載の接合材料を用いて形成された接合部によってある対象物が接合されている別の対象物から、該ある対象物を分離する方法であって、

接合部に含まれ、実質的に水素を吸蔵していない状態にある粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気、接合部を付すことを含む、該ある対象物の分離方法。

【請求項12】 粒子の形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加することにより、粒子の形態の水素吸蔵金属材料の周囲において接合部が弱化する、請求項11に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項13】 対象物が電子部品であり、別の対象物が回路基板である、請求項11に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項14】 水素吸蔵条件を有する雰囲気の水素圧力が、0.01～1.0 MPaの範囲にある、請求項11に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項15】 水素吸蔵条件を有する雰囲気の水素圧力が、室温～150℃の範囲の水素圧力である、請求項11に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項16】 弱化した接合部に外部から力を作用させることを更に含む、請求項12に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項17】 少なくとも2つのある対象物が請求項1～5のいずれかに記載の接合材料により形成された接合部によって接合された別の対象物から、該ある対象物を分離する方法であって、

少なくとも1つの該ある対象物を該別の対象物に接合する接合部を形成する接合材料に含まれる粒子の形態の水素吸蔵金属材料は、他の少なくとも1つの該ある対象物を該別の対象物に接合する接合部を形成する接合材料に含まれる粒子の形態の水素吸蔵金属材料と異なり、その結果、前者の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気において、後者の水素吸蔵金属材料の体積は実質的に増加せず、後者の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに

十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気は、該雰囲気と異なるように、水素吸蔵金属材料が選択されており、

(a) 該別の対象物を前者の雰囲気に配置すること、および

(b) 該別の対象物を後者の雰囲気に配置すること

を含む、該ある対象物の分離方法。

【請求項 18】 請求項 1～5 のいずれかに記載の接合材料を用いて形成され、ある対象物を別の対象物に接合する接合部を弱化させることを含む、該ある対象物を該別の対象物から分離する方法であって、

(c) 接合部に含まれる粒子形態の水素吸蔵金属材料の体積が増加するのに十分な水素吸蔵条件を有する雰囲気下に該接合部を付すこと、および

(d) その後、体積が増加した粒子形態の水素吸蔵金属材料の体積が減少するのに十分な水素放出条件を有する雰囲気下に該接合部を付すことにより接合部を弱化することを含む、該ある対象物の分離方法。

【請求項 19】 該接合部が十分に弱化するまで (c) および (d) を繰り返すことを含む、請求項 18 に記載の該ある対象物の分離方法。

【請求項 20】 弱化した接合部に外部から力を作用させることを更に含む、請求項 18 に記載の該ある対象物の分離方法。

接合材料は、はんだ材料および水素を吸蔵できる水素吸蔵金属材料を含んで成り、水素吸蔵金属材料が接合材料中に分散している粒子の形態である。